

#5

10830-079001

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-361527

出 願 人

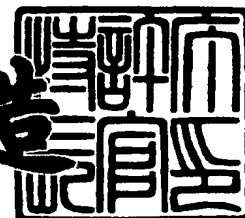
Applicant(s):

安藤電気株式会社

2001年 9月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3087966

【書類名】 特許願

【整理番号】 S00-9-22

【提出日】 平成12年11月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01M 11/00
G02F 1/35

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区蒲田4丁目19番7号 安藤電気株式会社
内

【氏名】 石原 元太郎

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区蒲田4丁目19番7号 安藤電気株式会社
内

【氏名】 森 徹

【特許出願人】

【識別番号】 000117744

【氏名又は名称】 安藤電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100090033

【弁理士】

【氏名又は名称】 荒船 博司

【選任した代理人】

【識別番号】 100093045

【弁理士】

【氏名又は名称】 荒船 良男

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 027188

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 雑音指数測定装置、及び、雑音指数測定方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の信号光の光スペクトラム情報を作成する光スペクトラム解析手段と、
前記光スペクトラム解析手段により作成された光スペクトラム情報から、所定の光源からの信号光を所定利得率で増幅する光増幅手段に付随する雑音指数を算出する雑音指数算出手段と、
を備えた雑音指数測定装置において、
前記光スペクトラム解析手段は、
光源からの信号光の光スペクトラム情報と、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報とを共に作成することを特徴とする雑音指数測定装置。

【請求項2】

前記雑音指数算出手段は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報から、所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減算することを特徴とする請求項1記載の雑音指数測定装置。

【請求項3】

前記雑音指数算出手段は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報、または前記光増幅手段によって増幅された信号光のスペクトラム情報から所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減衰することにより作成された光スペクトラム情報に対し、その光スペクトラム情報における所定波長領域のスペクトラム情報を除去またはマスクすると共に、その波長領域に対してスプライン曲線によるスプライン内挿処理を行うことを特徴とする請求項2記載の雑音指数測定装置。

【請求項4】

前記雑音指数算出手段は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報、または前記光増幅手段によって増幅された信号光のスペクトラム情報から所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報

を減衰することにより作成された光スペクトラム情報に対し、その光スペクトラム情報における所定波長領域に対してスプライン曲線によるスプライン内挿処理を行う際、上記波長領域における 1 ポイントから全ポイントのうち、任意の数のポイントにおけるデータを用いて上記内挿処理を行うことを特徴とする請求項 3 記載の雑音指数測定装置。

【請求項 5】

前記雑音指数算出手段は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報、または前記光増幅手段によって増幅された信号光のスペクトラム情報から所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減衰することにより作成された光スペクトラム情報に対し、移動平均処理等によるノイズ除去処理を行うことを特徴とする請求項 3 記載の雑音指数測定装置。

【請求項 6】

前記雑音指数算出手段は、前記光スペクトラム情報が複数の信号光の合成光から作成されたものである場合、その合成された信号光の数と波長を検出すると共に、その検出した各信号光に対して前記光増幅器に付随する雑音指数を算出することを特徴とする請求項 1、乃至、請求項 5 記載の雑音指数測定装置。

【請求項 7】

所定の信号光の光スペクトラム情報を作成する光スペクトラム解析工程と、
前記光スペクトラム解析工程において作成された光スペクトラム情報から前記光増幅手段に付随する雑音指数を算出する雑音指数算出工程と、
を有する雑音指数測定方法において、
前記光スペクトラム解析工程は、
光源からの信号光の光スペクトラム情報と、前記光増幅工程によって増幅された信号光の光スペクトラム情報とを共に作成することを特徴とする雑音指数測定方法。

【請求項 8】

前記雑音指数算出工程は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報から、所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減算することを特徴とする請求項 7 記載の雑音指数測定方法。

【請求項 9】

前記雑音指数算出工程は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報、または前記光増幅手段によって増幅された信号光のスペクトラム情報から所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減衰することにより作成された光スペクトラム情報に対し、その光スペクトラム情報における所定波長領域のスペクトラム情報を除去またはマスクすると共に、その波長領域に対してスプライン曲線によるスプライン内挿処理を行うことを特徴とする請求項 8 記載の雑音指数測定方法。

【請求項 10】

前記雑音指数算出工程は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報、または前記光増幅手段によって増幅された信号光のスペクトラム情報から所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減衰することにより作成された光スペクトラム情報に対し、その光スペクトラム情報における所定波長領域に対してスプライン曲線によるスプライン内挿処理を行う際、上記波長領域における 1 ポイントから全ポイントのうち、任意の数のポイントにおけるデータを用いて上記内挿処理を行うことを特徴とする請求項 9 記載の雑音指数測定方法。

【請求項 11】

前記雑音指数算出工程は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報、または前記光増幅手段によって増幅された信号光のスペクトラム情報から所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減衰することにより作成された光スペクトラム情報に対し、移動平均処理等によるノイズ除去処理を行うことを特徴とする請求項 9 記載の雑音指数測定方法。

【請求項 12】

前記雑音指数算出工程は、前記光スペクトラム情報が複数の信号光の合成光から作成されたものである場合、その合成された信号光の数と波長を検出すると共に、その検出した各信号光に対して前記光増幅器に付随する雑音指数を算出することを特徴とする請求項 7、乃至、請求項 11 記載の雑音指数測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光増幅器における雑音指数測定装置、及び、雑音指数測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近時、光通信システムにおいて、その伝送情報の品質の向上を実現する光増幅器の汎用化が進みつつある。この光増幅器を使用した光通信システムによる伝送情報の S/N 比は、使用する光増幅器の雑音特性に大きく影響される。このため、光増幅器を使用する光通信システムを構築する場合には、光増幅器の基本特性である雑音指数 NF (Noise Figure) を正確に把握することが必要であり、その為には光増幅器の出力光に含まれる ASE (Amplified Spontaneous Emission) 光のレベルを正確に測定しなければならない。光増幅器は入力光を増幅して出力するものであり、光増幅器から出力される出力光中の雑音成分が ASE 光である。従来の技術では、 ASE 光レベルの測定は光増幅器の出力信号光成分を除いた波長領域に対し正規分布曲線、ローレンツ曲線等の高次関数のフィッティングを行い、得られた近似曲線における信号光波長でのレベルを ASE 光レベルとして特定してきた。

【0003】

ここで、図7を参照して、従来技術による ASE 光レベルの測定方法の説明を行う。

図7は、従来技術による ASE 光レベル測定を説明するフローチャートである。

【0004】

信号波長が λ_s の入力信号光が光増幅器により増幅され、その増幅された入力信号光は所定の光スペクトラムアナライザに出力され、そこで光増幅器からの出力光スペクトラム $P_2(\lambda)$ データが作成される。ここで得られた出力光スペクトラム $P_2(\lambda)$ データのうち、信号波長 λ_s を中心に波長マスク範囲 $\pm \Delta \lambda_{MA}$ (ユーザにより予め設定済み) の波長範囲 $\lambda_s \pm \Delta \lambda_{MA}$ にわたって出力光スペク

トラム P2 (λ) データをマスク (除去) する (ステップ S71)。

【0005】

次いで、上記マスク処理の後、マスクされなかった出力光スペクトラム P2 (λ) データに対して所定のフィッティング関数によるカーブフィット処理を施し、上記マスクされた波長範囲 $\lambda_s \pm \Delta \lambda_{MA}$ のスペクトラムを内挿して ASE 光スペクトラム P3 (λ) の特定を行う (ステップ S72)。

【0006】

ここで、上記フィッティング関数は、正規分布曲線やローレンツ曲線等の高次関数であり、予めユーザにより選択済みである。

【0007】

次いで、信号波長 λ_s における ASE 光レベル PASE が、ASE 光スペクトラム P3 (λ_s) 値により求められる (ステップ S73)。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したような従来の手法には、以下のような問題点があった。光増幅器の雑音指数 NF の測定は、ASE 光レベルに基づいて行われるものであり、従って、ASE 光レベルの正確な測定が強く要求されるところである。ところで、光増幅器に入力される光信号は、DFB-LD 等の光源によるレーザ光であり、この光源のスペクトラムには、信号光波長成分の他に自然放出光成分 SSE (Source Spontaneous Emission) がその雑音成分に含まれるので、光増幅器より出力された雑音成分には、ASE 光に加え、増幅された SSE 光成分も含まれる。

【0009】

図 8 (a) に示すように、入力光スペクトラム P1 (λ) データには自然放出光成分 SSE が含まれ、それにより出力光スペクトラム P2 (λ) データにも増幅された自然放出光成分 SSE が含まれる。すなわち、出力光スペクトラム P2 (λ) データには、増幅された信号光および ASE 光に加え、増幅された SSE 光が含まれる。

【0010】

この為、光増幅器の出力光スペクトラムからASE光レベルを測定すると、実際には、ASE光と増幅されたSSE光との間の合成光レベルが測定されてしまっていた。すなわち、SSE光が原因によるASE光レベルPASEの測定誤差が大きく、ASE光レベルPASEを正確に測定することは困難であった。

【0011】

また、ASE光レベルを推定する際のフィッティング関数として、正規分布曲線やローレンツ曲線などの高次関数を用いる。図8(b)に示すように、信号波長 λ_s を中心に波長マスク範囲 $\pm \Delta \lambda_{MA}$ の波長範囲にわたり所定のフィッティング関数を内挿することにより得られたASE光スペクトラム $P_3(\lambda)$ データからASE光レベルPASEを特定していた。

【0012】

しかし、この方法では得られるフィッティング関数は元のスペクトラム曲線 $P_2(\lambda)$ に適合せず、結果として光スペクトラムのフィッティング関数による近似誤差が大きくなり、ASE光スペクトラム $P_3(\lambda)$ の特定を正確に行うことは難しくなる。従って、その特定されたASE光スペクトラム $P_3(\lambda)$ からASE光レベルPASEを正確に特定することは困難な問題であった。

【0013】

更に、光増幅器に供給される信号光が複数の波長（チャネル）の多重化されたWDM (Wavelength Division Multiplex) 光の場合、各チャネルの雑音指数NFを個別に測定していた為、測定に手間がかかった。

【0014】

本発明の課題は、光増幅器から出力されるASE光レベルを正確かつ容易に測定可能な雑音指数の測定装置、及び雑音指数測定方法を提供することである。

【0015】

【課題を解決するための手段】

本発明は、このような課題を解決するために、次のような特徴を備えている。なお、次に示す手段の説明中、括弧書きにより実施の形態に対応する構成を一例として示す。符号等は、後述する図面参照符号等である。

【0016】

請求項 1 記載の発明は、

所定の信号光の光スペクトラム情報を作成する光スペクトラム解析手段（例えば、図 1 に示す光スペクトラムアナライザ 1 3）と、

前記光スペクトラム解析手段により作成された光スペクトラム情報から、所定の光源からの信号光を所定利得率で増幅する光増幅手段（例えば、図 1 に示す光増幅器 1 2）に付随する雑音指数を算出する雑音指数算出手段（例えば、図 1 に示すデータ処理部 1 4）と、

を備えた雑音指数測定装置（例えば、図 1 に示す雑音指数測定装置 1 0）において、

前記光スペクトラム解析手段は、

光源からの信号光の光スペクトラム情報と、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報とを共に作成することを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

請求項 1 記載の発明の雑音指数測定装置によれば、所定の信号光の光スペクトラム情報を作成する光スペクトラム解析手段と、前記光スペクトラム解析手段により作成された光スペクトラム情報から、所定の光源からの信号光を所定利得率で増幅する光増幅手段に付随する雑音指数を算出する雑音指数算出手段とを備えた雑音指数測定装置において、前記光スペクトラム解析手段は、光源からの信号光の光スペクトラム情報と、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報とを共に作成するので、前記光増幅手段に付随する雑音指数を測定する場合、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報からだけではなく光源からの信号光の光スペクトラム情報をも含めた測定が可能となるので、前記雑音指数の測定精度の向上を実現することができる。

【 0 0 1 8 】

請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の発明において、

前記雑音指数算出手段は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報から、所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減算することを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

請求項 2 記載の発明によれば、前記雑音指数算出手段は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報から、所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減算するので、前記増幅後の信号光の光スペクトラム情報から上記 2 つの光スペクトラム情報共に有する自然放出光による雑音成分を除去することが可能となり、前記光増幅器に付随する雑音指数の測定精度が更に向上した雑音指数測定装置となる。

【 0 0 2 0 】

請求項 3 記載の発明は、請求項 2 記載の発明において、

前記雑音指数算出手段は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報、または前記光増幅手段によって増幅された信号光のスペクトラム情報から所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減衰することにより作成された光スペクトラム情報に対し、その光スペクトラム情報における所定波長領域のスペクトラム情報を除去またはマスクすると共に、その波長領域に対してスプライン曲線によるスプライン内挿処理を行うことを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

請求項 3 記載の発明によれば、前記雑音指数算出手段は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報、または前記光増幅手段によって増幅された信号光のスペクトラム情報から所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減衰することにより作成された光スペクトラム情報に対し、その光スペクトラム情報における所定波長領域のスペクトラム情報を除去またはマスクすると共に、その波長領域に対してスプライン曲線によるスプライン内挿処理を行うので、正規分布曲線やローレンツ曲線等の高次関数を用いた場合に比べ、正確に内挿処理を施すことが可能となり、精度の良い雑音指数測定装置を実現できる。

【 0 0 2 2 】

請求項 4 記載の発明は、請求項 3 記載の発明において、前記雑音指数算出手段は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報、または前記光増幅手段によって増幅された信号光のスペクトラム情報から所定の大きさに

増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減衰することにより作成された光スペクトラム情報に対し、その光スペクトラム情報における所定波長領域に対してスプライン曲線によるスプライン内挿処理を行う際、上記波長領域における 1 ポイントから全ポイントのうち、任意の数のポイントにおけるデータを用いて上記内挿処理を行うことを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

請求項 4 記載の発明によれば、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報、または前記光増幅手段によって増幅された信号光のスペクトラム情報から所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減衰することにより作成された光スペクトラム情報に対し、その光スペクトラム情報における所定波長領域に対してスプライン曲線によるスプライン内挿処理を行う際、上記波長領域における 1 ポイントから全ポイントのうち、任意の数のポイントにおけるデータを用いて上記内挿処理を行うので、データとして採用するポイントの数に依らず好適な内挿処理が行える高い機能性を有する雑音指数測定装置となる。

【 0 0 2 4 】

請求項 5 記載の発明は、請求項 3 記載の発明において、

前記雑音指数算出手段は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報、または前記光増幅手段によって増幅された信号光のスペクトラム情報から所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減衰することにより作成された光スペクトラム情報に対し、移動平均処理等のノイズ除去処理を行うことを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

請求項 5 記載の発明によれば、前記雑音指数算出手段は、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報、または前記光増幅手段によって増幅された信号光のスペクトラム情報から所定の大きさに増幅された前記光源からの信号光の光スペクトラム情報を減衰することにより作成された光スペクトラム情報に対し移動平均処理等のノイズ除去処理を行うので、前記スペクトラム解析手段により誘引された雑音を除去することが可能となり、更に精度の高い雑音指

数測定装置を実現できる。

【 0 0 2 6 】

請求項 6 記載の発明は、請求項 1、乃至、請求項 5 記載の発明において、

前記雑音指数算出手段は、前記光スペクトラム情報が複数の信号光の合成光から作成されたものである場合、その合成された信号光の数と波長を検出すると共に、その検出した各信号光に対して前記光増幅器に付随する雑音指数を算出することを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

請求項 6 記載の発明によれば、前記雑音指数算出手段は、前記光スペクトラム情報が複数の信号光の合成光から作成されたものである場合、その合成された信号光の数と波長を検出すると共に、その検出した各信号光に対して前記光増幅器に付随する雑音指数を算出するので、各信号光の光スペクトラムから、雑音指数の測定に係る解析処理を逐次行うことなく、一括して処理できる為、操作性および機能性の向上した雑音指数測定装置を実現できる。

【 0 0 2 8 】

【発明の実施の形態】

以下、図 1～図 6 を参照して本発明の実施の形態における雑音指数測定装置 10 について詳細に説明する。

図 1 は、本発明の一実施の形態における雑音指数測定装置 10 の内部構成を説明するブロック図である。

【 0 0 2 9 】

図 1 に示すように、雑音指数測定装置 10 は、光スペクトラムアナライザ 13、データ処理部 14、及び表示部 15 を備え、雑音指数測定装置 10 には、信号光源 11 及び光増幅器 12 が接続される。信号光源 11 から表示部 15 まで、信号ライン（光ファイバ）L1～L3、及び電気信号ライン L4、L5 を介して線形状に順次配設されている。更に、信号光源 11 と光スペクトラムアナライザ 13 を直接接続する信号ライン（光ファイバ）L2 が設けられている。

【 0 0 3 0 】

信号光源 11 は、DFB-LD 等の光源によるレーザ光を出力し、そのレーザ

光を信号光として信号ライン（光ファイバ）L1を介して光増幅器12に供給する。

【0031】

光増幅器12は、その信号光源11から供給された信号光を所定の増幅率に基づいて増幅し、信号ライン（光ファイバ）L3を介して光スペクトラムアナライザ13に出力する。

【0032】

光スペクトラムアナライザ13は、信号ライン（光ファイバ）L3を介して供給された信号光の光スペクトラムを解析し、その光スペクトラムデータを作成する。

【0033】

データ処理部14は、光スペクトラムアナライザ13において作成された光スペクトラムデータを所定の方法により解析処理し、信号光波長 λ_s 、ピーク値等の算出を行い、その各種処理結果を電気信号ラインL5を介して表示部15に出力する。

【0034】

表示部15は、CRT（Cathode Ray Tube）、LCD（Liquid Crystal Display）等の表示画面を備え、データ処理部14から供給された各種表示情報をこの表示画面上に表示する。

【0035】

次いで、本実施の形態における雑音指数測定装置10の動作の説明をする。

図2は、信号光が単一チャネル時における光増幅器の利得、及び雑音指数NFの測定処理を説明するフローチャートである。

【0036】

まず、光スペクトラムアナライザ13は、信号ライン（光ファイバ）L2を介して信号光源11から光スペクトラムアナライザ13に直接供給される信号光のスペクトラムを解析して入力光スペクトラムP1（ λ ）データを作成すると共に、信号ライン（光ファイバ）L3を介して光増幅器12から供給される増幅された信号光のスペクトラムを解析して出力光スペクトラムP2（ λ ）データを作成

する（ステップS21）。

【0037】

次いで、光スペクトラムアナライザ13は、算出した入力光スペクトラムP1(λ)データおよび出力光スペクトラムP2(λ)データをデータ処理部14に供給する。そこで、データ処理部14は、その入力光スペクトラムP1(λ)データのピーク値を入力光レベルPinとし、出力光スペクトラムP2(λ)データのピーク値を出力光レベルPoutとしてそれぞれ算出すると共に、入力光スペクトラムP1(λ)データあるいは出力光スペクトラムP2(λ)データより信号光波長 λ_s の算出を行う（ステップS22）。

【0038】

更に、データ処理部14は、出力光スペクトラムP2(λ)データにおいてフイッティング処理を施し、ASE光スペクトラムP3(λ)データを作成すると共に、その作成したASE光スペクトラムP3(λ)データからASE光レベルPASEの算出を行う（ステップS23）。ここで、ASE光レベルPASEは、ASE光スペクトラムP3(λ)の信号光波長 λ_s における値P3(λ_s)である。

【0039】

ここで、上記図2に示すフローチャートの説明を一時中断し、図3、及び図4を参照して、上記ステップS23に示すASE光スペクトラムP3(λ)およびASE光レベルPASEの算出処理をより詳細に説明する。

【0040】

図3は、ステップS23に示すASE光スペクトラムP3(λ)およびASE光レベルPASEの算出処理を説明するフローチャートであり、図4(a)は、暫定ASE光レベルPASE0および暫定ゲインGTを主に示す図であり、図4(b)は、ASE推定用光スペクトラムP3'(λ)およびASE光レベルPASEを主に示す図である。

【0041】

まず、図4(a)に示すように、データ処理部14は、図2のステップS22で算出した入力光レベルPinおよび出力光レベルPoutに加え、出力光スペクトラムP2(λ)の $\lambda = \lambda_s \pm \Delta \lambda_{MA}$ における2点を結んだ直線を考え、その直線

上の λ_s における値 P_{ASE0} （暫定ASE光レベル）から、暫定ゲイン GT の算出を行う（ステップS231）。ここで、暫定ゲイン GT は、 $GT = (P_{out} - P_{ASE0}) / P_{in}$ により算出されるものである。

【0042】

次いで、データ処理部14は、この暫定ゲイン GT に基づいてASE推定用光スペクトラム $P3'(\lambda)$ データを作成し（ステップS232）、この算出したASE推定用光スペクトラム $P3'(\lambda)$ データに対して移動平均処理を施す（ステップS233）。

【0043】

ここで、ASE推定用光スペクトラム $P3'(\lambda)$ データは、 $P3'(\lambda) = P2(\lambda) - GT \times P1(\lambda)$ により算出されるものであり、出力光スペクトラム $P2(\lambda)$ から増幅されたSSE光成分 $GT \times P1(\lambda)$ を引いた値である。これにより、ASE推定用光スペクトラム $P3'(\lambda)$ には、SSE光成分が除かれる。

【0044】

なお、ステップS233における移動平均処理は、以下に説明するスプライン補間処理を行う際のノイズの影響を抑制する為の処理であるが、本発明においては省略することも可能である。

【0045】

次いで、データ処理部14は、ASE推定用光スペクトラム $P3'(\lambda)$ データに対して、信号波長 λ_s を中心に波長マスク範囲 $\pm \Delta \lambda_{MA}$ に渡る波長マスク領域（ $\lambda_s - \Delta \lambda_{MA}$ 以上、且つ $\lambda_s + \Delta \lambda_{MA}$ 以下）において $P3'(\lambda)$ データをマスクする（ステップS234）。すなわち、この波長領域におけるASE推定用光スペクトラム $P3'(\lambda)$ データは除去またはマスクされる。これにより、雑音成分であるASE光スペクトラム $P3(\lambda)$ を特定する際に不必要な信号成分が除去される。

【0046】

次いで図4（b）に示すように、データ処理部14は、上記波長マスク領域以外の波長領域（ $\lambda_s - \Delta \lambda_{MA}$ 以下、または $\lambda_s + \Delta \lambda_{MA}$ 以上）におけるASE推

定用光スペクトラム $P3'(\lambda)$ データに対してスプライン曲線を用いたスプライン補間処理を施し、その波長マスク領域におけるスペクトラムを内挿し、ASE 光スペクトラム $P3(\lambda)$ データを作成する（ステップ S23）。

【0047】

ここで、上記スプライン補間処理は、補間に用いるポイント全てを通るスプライン曲線をカーブフィットさせることにより、補間ポイントである元のスペクトラム曲線に適合した ASE 光スペクトラム $P3(\lambda)$ を得ることができる。

【0048】

また、ここで補間に用いるポイントは、ASE 光スペクトラム $P3'(\lambda)$ データの上記波長範囲（ $\lambda_s - \Delta\lambda_{MA}$ 以下、または $\lambda_s + \Delta\lambda_{MA}$ 以上）における全ポイントでなくても良く、例えば 1 ポイント毎のデータを用いても良い。

【0049】

そしてデータ処理部 14 は、ASE 光レベル PASE として信号光波長 λ_s における ASE 光スペクトラム $P3(\lambda)$ データ値を算出し（ステップ S236）、図 2 に示すステップ S24 に移行する。

【0050】

ここで再び、図 2 のフローチャートの説明を続ける。

まず、データ処理部 14 は、上記ステップ S236 において算出した ASE 光レベル PASE に基づいて、光増幅器 12 の利得 G を、 $G = (P_{out} - PASE) / P_{in}$ により算出すると共に、 P_{out} 、 P_{in} 、及び、ここで得た利得 G に基づいて雑音指数 NF を算出する（ステップ S24）。

【0051】

ここで、雑音指数 NF は、 $NF = PASE / (G \times h \times \nu \times \Delta \nu)$ 、または $NF = PASE / (G \times h \times \nu \times \Delta \nu) + 1 / G$ に従って算出される。式中記号 h はプランク定数、 $\Delta \nu$ は光スペクトラムアナライザ 13 の波長分解能を周波数変換した値であり、更に ν は信号光波長 λ_s を周波数変換した値である。

【0052】

以上で、信号光源 11 から出力される信号光が単一チャネルの場合における、光増幅器 12 の利得 G 、及び雑音指数 NF の測定処理の説明を終える。

【0053】

更に、図5、図6を参照して、信号光源11から出力される信号光が複数チャネルの多重化されたWDM光の場合における、光増幅器12の利得G、及び雑音指数NFの測定処理の説明をする。

【0054】

図5は、信号光がWDM光の場合における多チャネルNF解析処理を説明するフローチャートであり、図6は、3チャネル信号光に対する入力光スペクトラム $P1(\lambda)$ 、出力光スペクトラム $P2(\lambda)$ 、及びASE光スペクトラム $P3(\lambda)$ を主に示す図である。

【0055】

信号光源11から出力される信号光は3チャネルとする。その信号光は、信号ライン（光ファイバ）L1、及び信号ライン（光ファイバ）L2を介して光増幅器12、及び光スペクトラムアナライザ13に供給される。また、光増幅器12に供給された信号光は、そこで所定利得率に基づいて増幅され、信号ライン（光ファイバ）L3を介して光スペクトラムアナライザ13に出力される。

【0056】

光スペクトラムアナライザ13では、信号光源11から直接入力した信号光のスペクトラムを入力光スペクトラム $P1(\lambda)$ として、また光増幅器12から出力された信号光のスペクトラムを出力光スペクトラム $P2(\lambda)$ として、それぞれのスペクトラムデータを作成し（ステップS51）、その作成したスペクトラムデータをデータ処理部14に供給する。

【0057】

データ処理部14は、光スペクトラムアナライザ13から供給された入力光スペクトラム $P1(\lambda)$ データ、及び出力光スペクトラム $P2(\lambda)$ データにおける3つのピーク値を検出し、その検出した3つのピーク値をチャネルとして識別し、チャネル数“3”と各チャネルの信号光波長 $\lambda1$ 、 $\lambda2$ 、 $\lambda3$ を算出する（ステップS52）。

【0058】

図6に示すように、データ処理部14は、各チャネルの信号光波長 $\lambda1$ 、 $\lambda2$

、 $\lambda 3$ 前後の波長範囲 $\pm \Delta \lambda 1$ 、 $\pm \Delta \lambda 2$ 、 $\pm \Delta \lambda 3$ のスペクトラムデータそれぞれに対して、上述した単一チャネルの信号光における利得 G および雑音指数 NF の測定処理を施し、利得 $G1$ 、 $G2$ 、 $G3$ 及び雑音指数 $NF1$ 、 $NF2$ 、 $NF3$ をそれぞれ算出する（ステップ $S53$ ）。

【0059】

以上説明したように、本実施の形態の雑音指数測定装置 10 によれば、信号ライン（光ファイバ） $L2$ を設けて信号光源 11 から出力される信号光を光スペクトラムアナライザ 13 に直接入出力可能とし、光増幅器 12 から出力される出力信号光の出力光スペクトラム $P2(\lambda)$ データおよび信号光源 11 から直接出力された信号光の入力光スペクトラム $P1(\lambda)$ データを作成し、出力光スペクトラム $P2(\lambda)$ データ値と入力光スペクトラム $P1(\lambda)$ データに暫定利得 GT を乗じた値との差をとり、得られたスペクトラムデータに対し、移動平均処理を施した後、更にスプライン補間処理を施すことにより ASE 光スペクトラム $P3(\lambda)$ データを作成し、ASE 光レベル $PASE$ を求める。また、雑音指数測定装置 10 は、入力光スペクトラム $P1(\lambda)$ あるいは出力光スペクトラム $P2(\lambda)$ より WDM 光のチャネル数および各チャネルの信号光波長を算出し、その算出した各波長を中心にした所定波長範囲において雑音指数 NF 等を算出する為の解析を一括して行う。

【0060】

従って、出力光スペクトラム $P2(\lambda)$ から入力光スペクトラム $P1(\lambda)$ に暫定ゲイン GT を乗じた値を引いて ASE 光スペクトラム $P3(\lambda)$ データを作成するので、SSE 光成分の影響が抑制された ASE 光スペクトラム $P3(\lambda)$ データが作成可能となり、ASE 光レベル $PASE$ および雑音指数 NF の正確な測定を実現できる。

【0061】

また、ASE 光スペクトラム $P3(\lambda)$ データの作成の際、スプライン曲線を用いたスプライン補間処理により関数フィッティングを行うので、正規分布曲線やローレンツ曲線等の高次関数を用いてフィッティング処理する場合に比べてより正確なフィッティングが可能となり、ASE 光レベル $PASE$ および雑音指数 N

F の正確な測定を実現できる。

【 0 0 6 2 】

また、上記スプライン補間によるフィッティング処理を施す前に、その処理対象データに対して移動平均処理を施すので、光スペクトラム測定時に生じたノイズ等が除去され、A S E 光レベル P A S E および雑音指数 N F の正確な測定を実現できる。

【 0 0 6 3 】

また、入力光スペクトラム P 1 (λ) データあるいは出力光スペクトラム P 2 (λ) データにより、信号光の有するチャンネルの数、及び各チャンネルの信号光波長 λ を予め算出し、その算出した各波長を中心にした所定波長範囲において雑音指数 N F 値を算出する為の解析を一括して行うので、各チャンネルについて一つ一つ測定することがなくなり、利便性を向上できる。

【 0 0 6 4 】

【発明の効果】

請求項 1 記載の発明によれば、光増幅手段に付随する雑音指数を測定する場合、前記光増幅手段によって増幅された信号光の光スペクトラム情報からだけではなく光源からの信号光の光スペクトラム情報をも含めた測定が可能となるので、前記雑音指数の測定精度の向上を実現することができる。

【 0 0 6 5 】

請求項 2 記載の発明によれば、光増幅手段により増幅された信号光の光スペクトラム情報から自然放出光による雑音成分を除去することが可能となり、前記光増幅器に付随する雑音指数の測定精度が更に向上した雑音指数測定装置となる。

【 0 0 6 6 】

請求項 3 記載の発明によれば、スプライン曲線を用いて光スペクトラム情報の内挿処理を行うので、正規分布曲線やローレンツ曲線等の高次関数を用いた場合に比べ、正確に内挿処理を施すことが可能となり、精度の良い雑音指数測定装置を実現できる。

【 0 0 6 7 】

請求項 4 記載の発明によれば、所定の光スペクトラム情報に対し、その光スペ

クトラム情報における所定波長領域に対してスプライン曲線によるスプライン内挿処理を行う際、上記波長領域における 1 ポイントから全ポイントのうち、任意の数のポイントにおけるデータを用いて上記内挿処理を行うので、データとして採用するポイントの数に依らず好適な内挿処理が行える高い機能性を有する雑音指数測定装置となる。

【 0 0 6 8 】

請求項 5 記載の発明によれば、スプライン曲線の内挿処理を施す前に光スペクトラム情報に対し移動平均処理を行うので、スペクトラム解析手段により誘引された雑音を除去することが可能となり、更に精度の高い雑音指数測定装置を実現できる。

【 0 0 6 9 】

請求項 6 記載の発明によれば、光スペクトラム情報が複数の信号光の合成光から作成されたものである場合、各信号光の光スペクトラムから雑音指数の測定に係る解析処理を逐次行うことなく、一括して処理できる為、操作性および機能性の向上した雑音指数測定装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態における雑音指数測定装置 1 0 の内部構成を説明するブロック図である。

【図 2】

本発明の一実施の形態における雑音指数測定装置 1 0 において、信号光が単一チャネル時における光増幅器 1 2 の利得、及び雑音指数 N F の測定処理を説明するフローチャートである。

【図 3】

本発明の一実施の形態における雑音指数測定装置 1 0 において、A S E 光スペクトラム P 3 (λ) および A S E 光レベル P A S E の算出処理を説明するフローチャートである。

【図 4】

(a) は、暫定 A S E 光レベル P A S E 0 および暫定ゲイン G T を主に示す図であ

り、(b)は、ASE推定用光スペクトラム $P3'(\lambda)$ およびASE光レベルPASEを主に示す図である。

【図5】

本発明の一実施の形態における雑音指数測定装置10において、信号光がWDM光の場合における多チャンネルNF解析処理を説明するフローチャートである。

【図6】

本発明の一実施の形態における雑音指数測定装置10において、3チャンネル信号光に対する入力光スペクトラム $P1(\lambda)$ 、出力光スペクトラム $P2(\lambda)$ 、及びASE光スペクトラム $P3(\lambda)$ を主に示す図である。

【図7】

従来技術によるASE光レベル測定を説明するフローチャートである。

【図8】

(a)は、光増幅器において、入力光、及び出力光にSSE光が含まれている様子を説明する図であり、図8(b)は、出力光スペクトラム $P2(\lambda)$ とASE光スペクトラム $P3(\lambda)$ とからASE光レベルPASEを指定する従来手法を説明する図である。

【符号の説明】

10 雑音指数測定装置

11 信号光源

12 光増幅器

13 光スペクトラムアナライザ

14 データ処理部

15 表示部

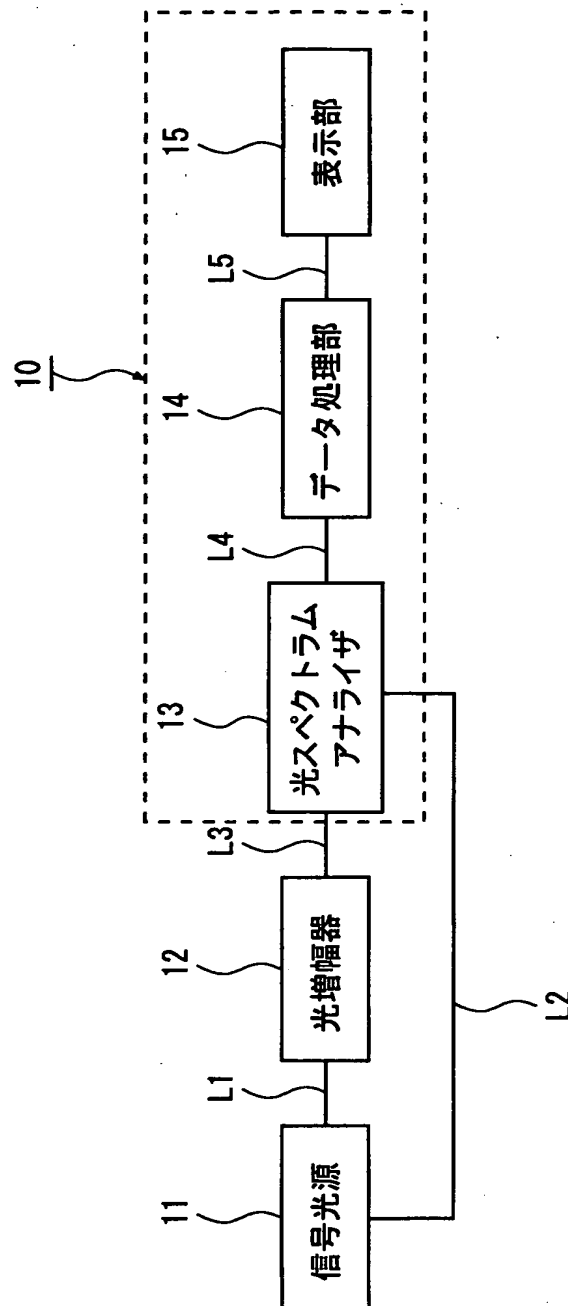
L1～L3 信号ライン(光ファイバ)

L4、L5 電気信号ライン

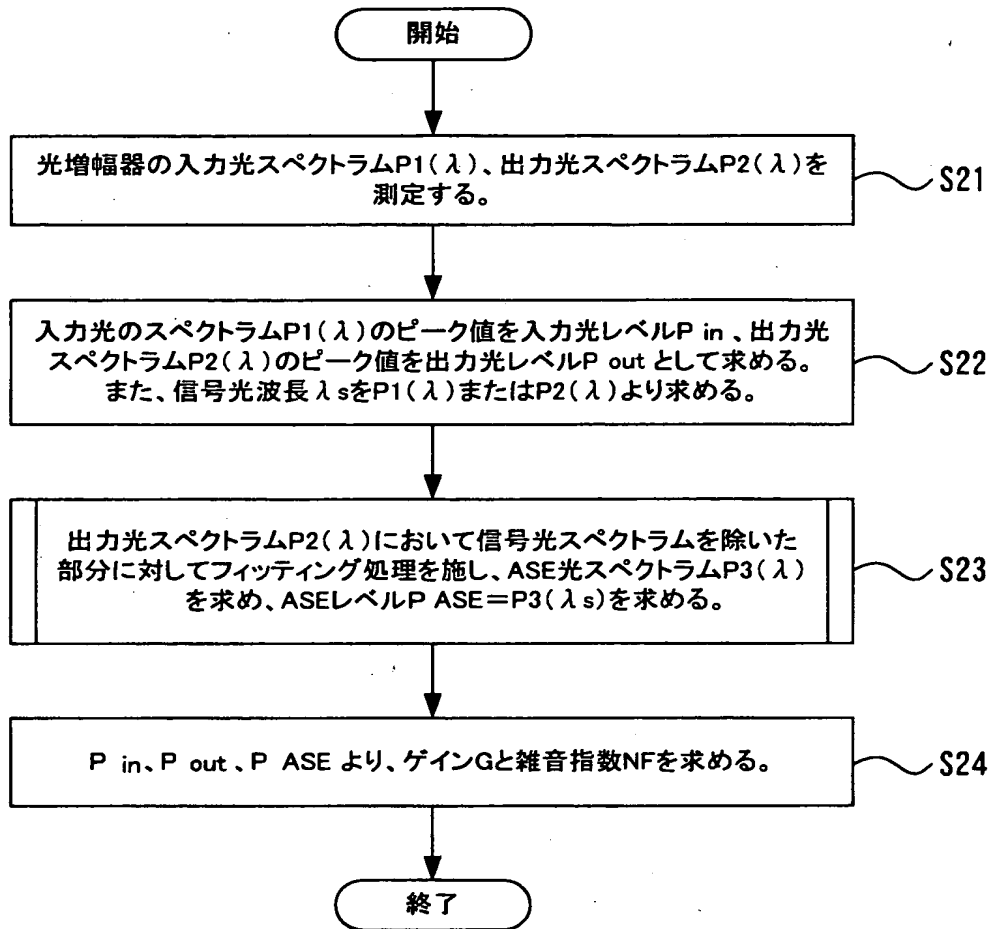
【書類名】

図面

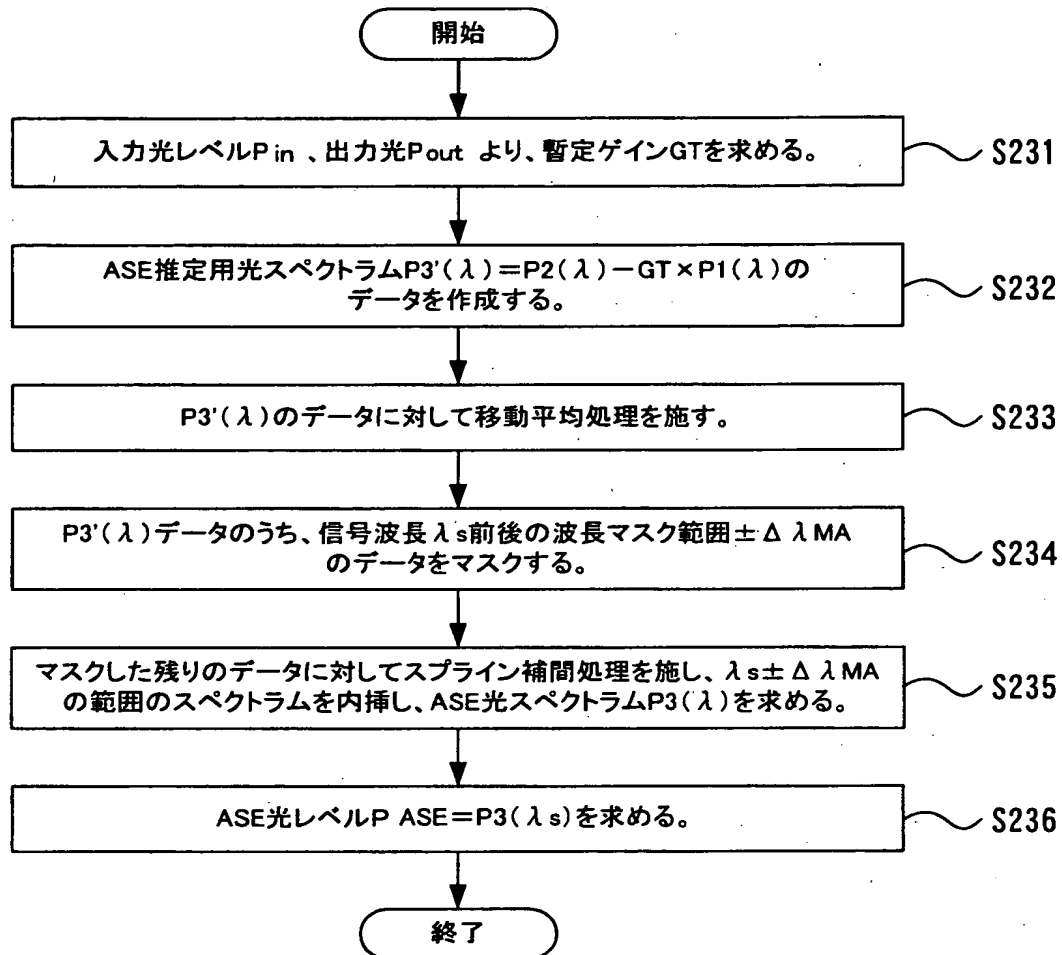
【図 1】



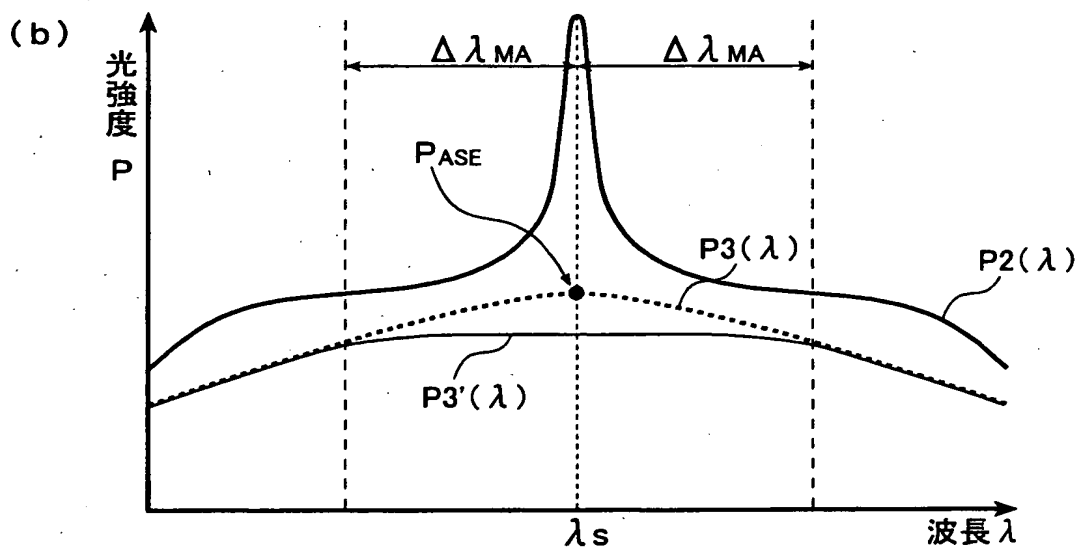
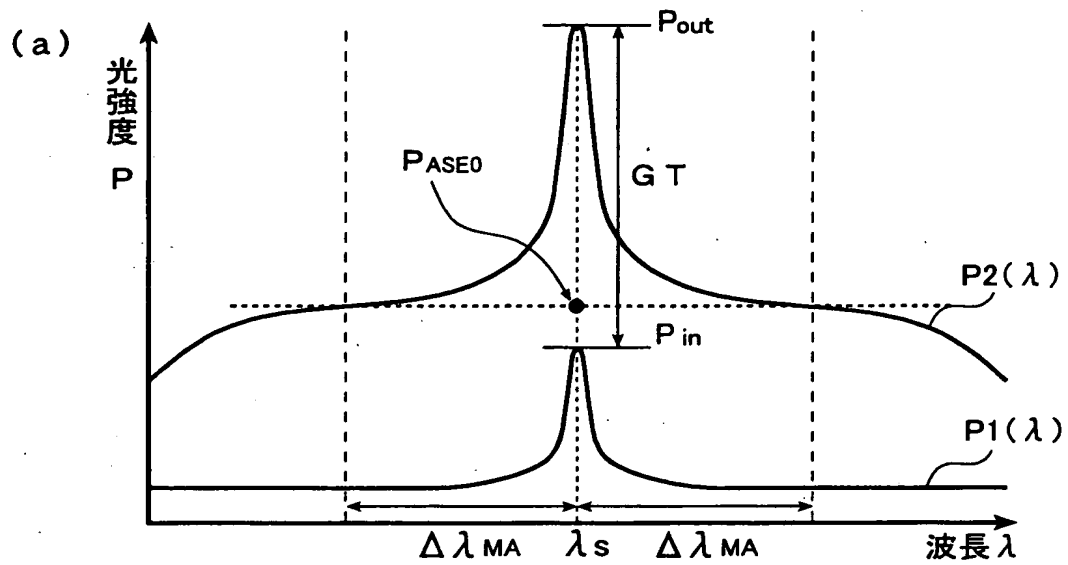
【図 2】



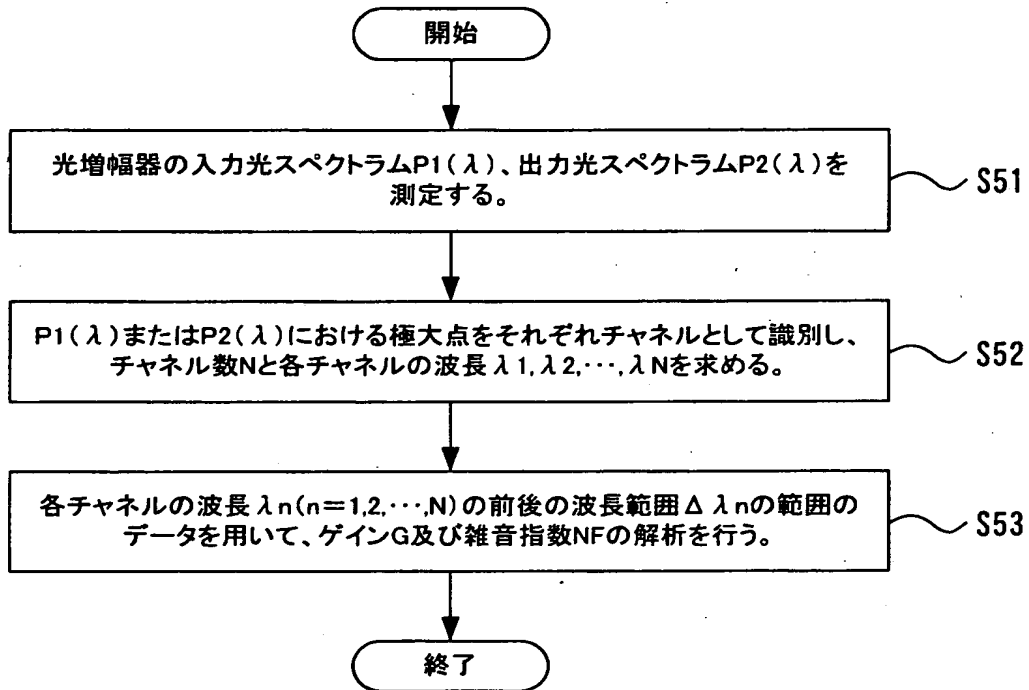
【図 3】



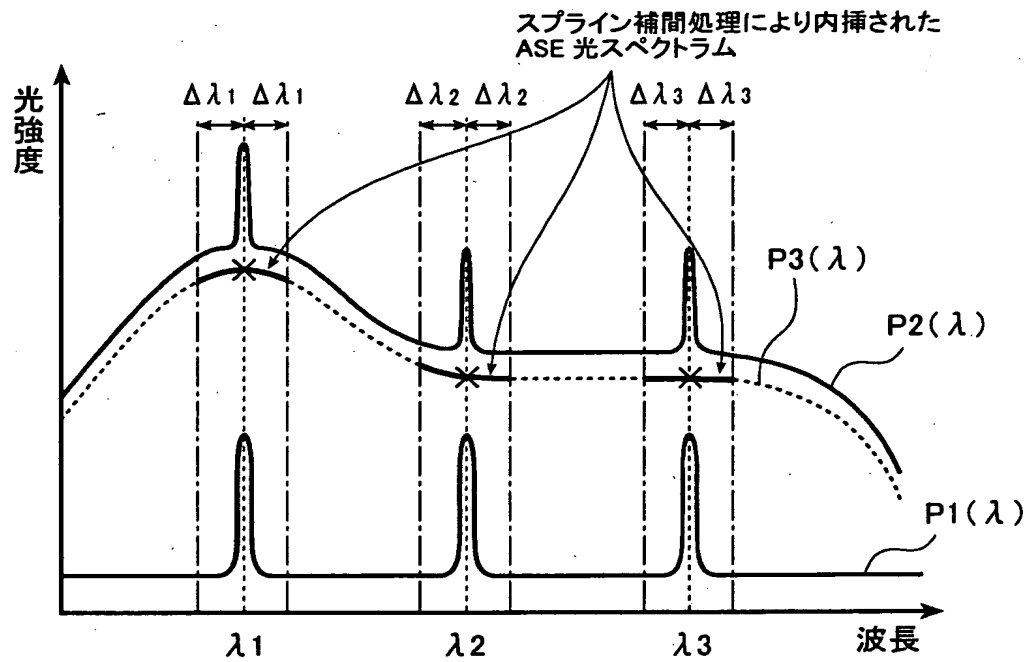
【図4】



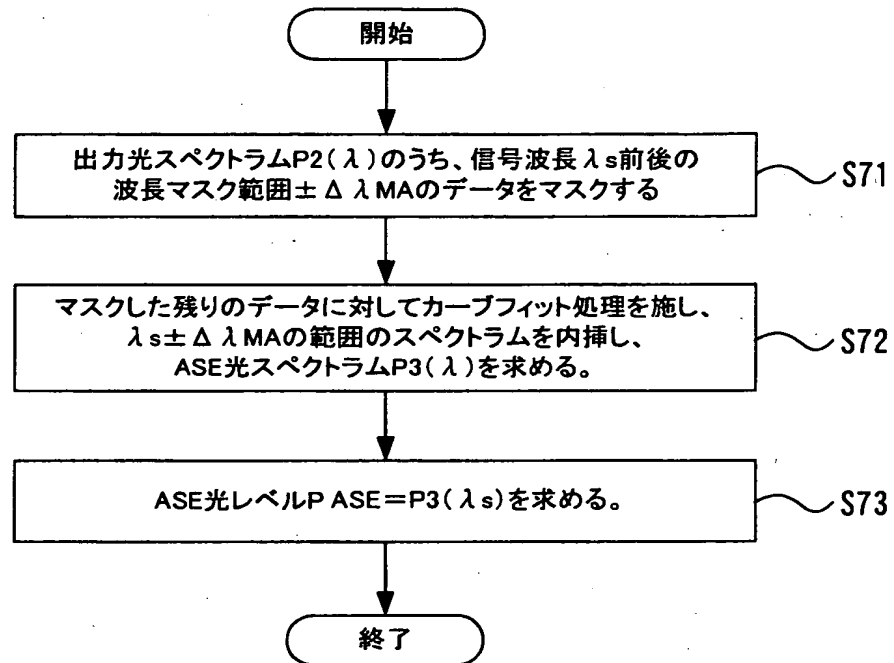
【図5】



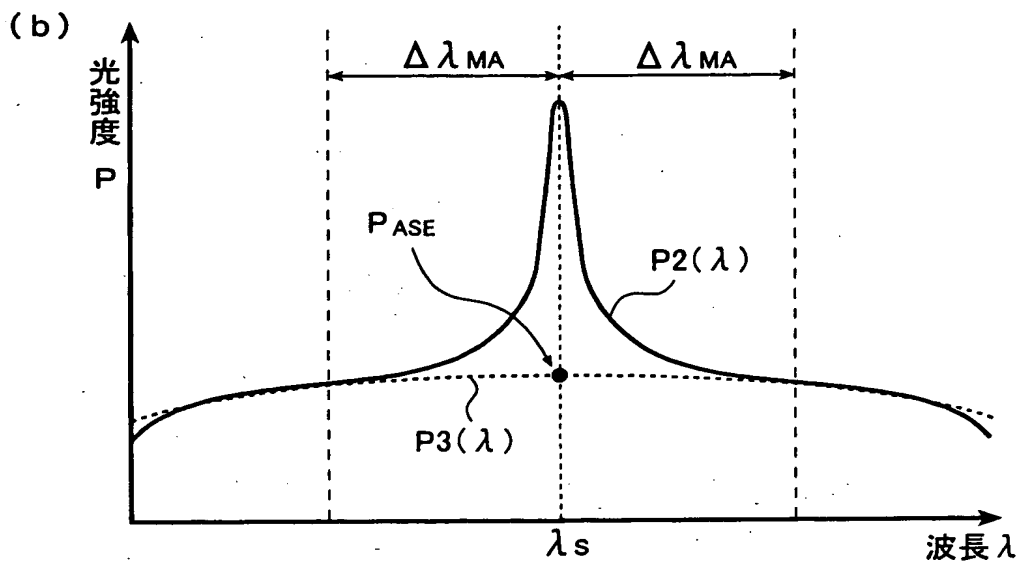
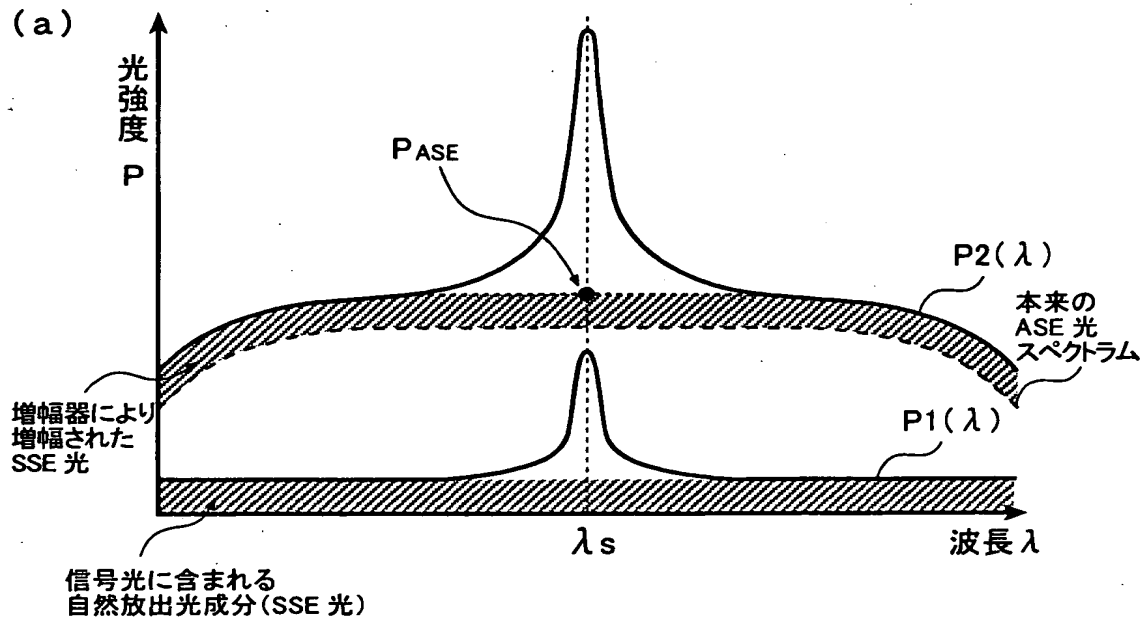
【図6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明の課題は、光増幅器から出力される A S E 光レベルを正確かつ容易に測定可能な雑音指数の測定装置及び雑音指数測定方法を提供することである。

【解決手段】 光増幅器からの出力光スペクトラム $P_2(\lambda)$ や信号光の入力光スペクトラム $P_1(\lambda)$ を作成し、 $P_2(\lambda)$ と $P_1(\lambda)$ に暫定利得 G_T を乗じた値との差をとり（ステップ S 2 3 2）、得られたスペクトラムデータに移動平均処理等のノイズ除去処理を施した後、更にスプライン補間処理を施すことにより A S E 光スペクトラム $P_3(\lambda)$ データを作成し、A S E 光レベル P_{ASE} を求める（ステップ S 2 3 3 ～ S 2 3 5）。また、雑音指数測定装置 1 0 は、 $P_1(\lambda)$ あるいは $P_2(\lambda)$ より WDM 光のチャネル数や各チャネルの信号光波長を算出し、算出した各波長を中心にした所定波長範囲の雑音指数 N_F 等を算出する解析を行う。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000117744]

1. 変更年月日 1990年 8月10日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区蒲田4丁目19番7号
氏 名 安藤電気株式会社
2. 変更年月日 2001年 4月13日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都大田区蒲田五丁目29番3号
氏 名 安藤電気株式会社